Systèmes Didactiques

Équipements pour l'enseignement expérimental, Scientifique et Technique

La chaîne Hydrogène

Énergies renouvelables. Capteurs

Éolien

Stato-éolien

Photovoltaïque

Système de production d'hydrogène et stockage d'énergie renouvelable

Système production H_2

Electrolyseur GENHY 500

Eau de ville

H_2

Système stockage H_2 Basse pression

Hydrures métalliques

H_2

H_2

H_2

Applications

Transports

Stationnaires

Générateur électrique,
Cogénérateur (électricité et chaleur)

L'hydrogène, pile 1200 W. Société "Systèmes Didactiques"

L‘Hydrogène, vecteur énergétique

La situation énergétique mondiale

Les manipulations de l‘énergie

Les sources d‘énergie renouvelables

Les piles à hydrogène

La filière hydrogène

L‘Hydrogène, vecteur énergétique

La situation énergétique mondiale

* **Explosion de la demande énergétique**
  - Chine, Inde, ...
* **Tarrisement prévisible des énergies non renouvelables**
  - Carbone, nucléaire
* **Réchauffement de la planète**
  - Effet de serre lié au CO2
* **Coût**
  - Les nouvelles technologies coûtent plus cher

L‘Hydrogène, vecteur énergétique

Les actions sur l‘énergie

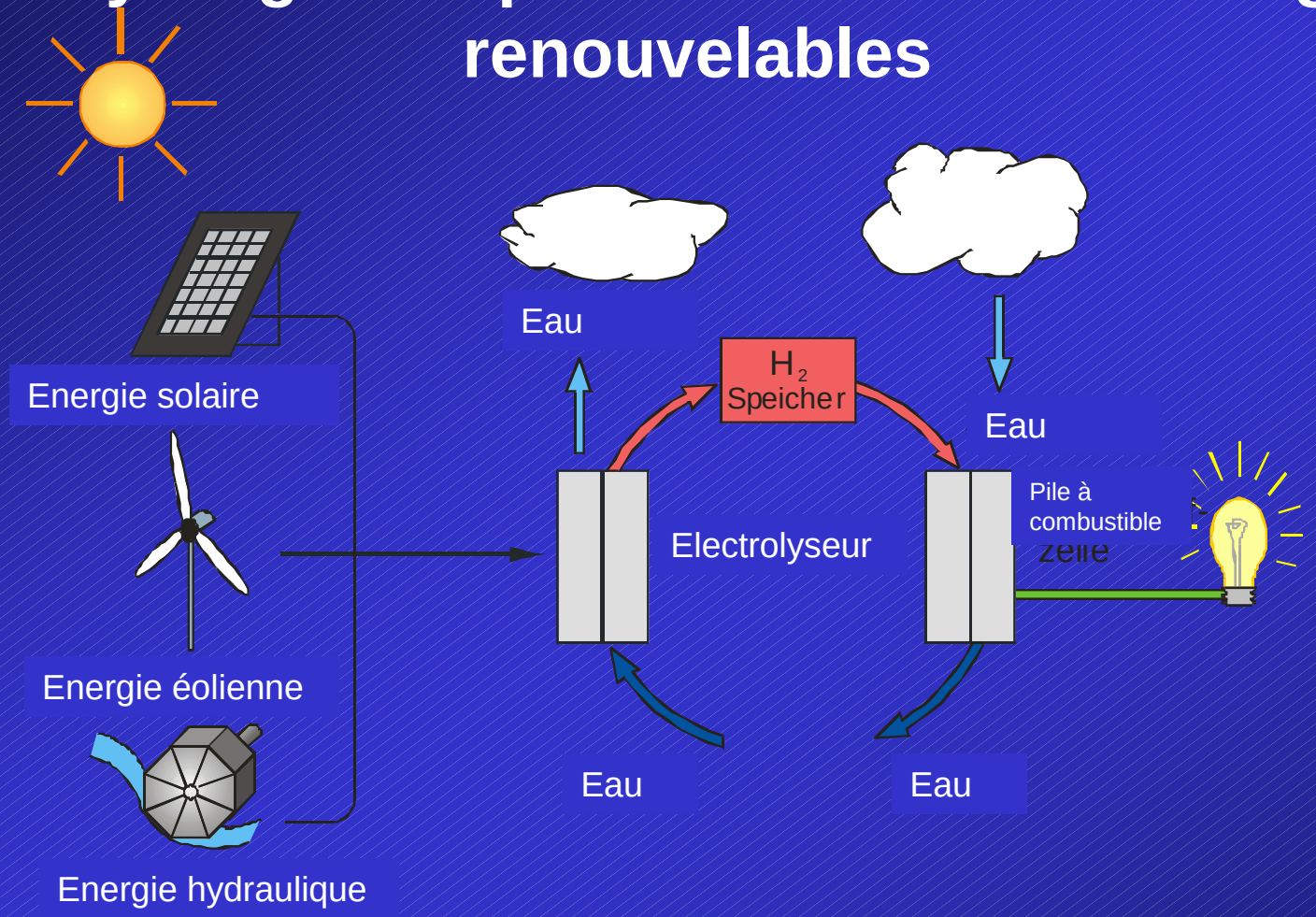
* Récupération, captage, transformation
* Stockage
* Transport
* Utilisation
* Gestion des déchets

L‘Hydrogène, vecteur énergétique

Les sources d‘énergie renouvelables

* Solaire
  - Vent
    - éoliennes
  - Hydraulique
    - turbines
  - Rayonnement
    - capteurs thermiques
    - capteurs photo-électriques
    - photo synthèse
      - bois
      - algues
      - biomasse
* Géothermie
* Marémotrice

L‘hydrogène à partir de sources d‘énergie renouvelables



Tant qu‘il y aura de l‘énergie solaire, éolienne ou hydraulique, il y aura de l‘hydrogène, car ces énergies peuvent toujours être converties, stockées et utilisées comme combustibles.

L‘Hydrogène, vecteur énergétique

Les piles à hydrogène

* Avantages
* Applications
* Technologies

L‘Hydrogène, vecteur énergétique
Les piles à hydrogène

* Avantages

- Non polluant par lui même
- Flexible (plusieurs sources)
- Silencieux
- Autonomie
- Maintenance simplifiée
- Recharge rapide (ex. Téléphone mobile)

* Applications

- Mobilité
  - Satellites - Sous marins
  - Expédition sur la banquise de JL Etienne
  - Camping cars - Bateaux
  - Secours aux personnes mobiles (SAMU)
  - Portables
  - Fauteuil roulant
  - Véhicules (flottes captives ...)

L‘Hydrogène, vecteur énergétique

Les piles à hydrogène

* Applications (suite)

Alimentations sécurisées à large autonomie
- Salles informatiques
- Salles d‘opérations

Energie pour sites isolés
- Balises routières
- Refuges de montagne
- Relais de télécommunications

* Technologies

- PEMFC Proton Exchange Membrane
- DMFC Direct Methanol
- PAFC Phosphoric Acid
- AFC Alcaline
- MCFC Melted Carbonate (fondu)
- SOFC Solid Oxyd

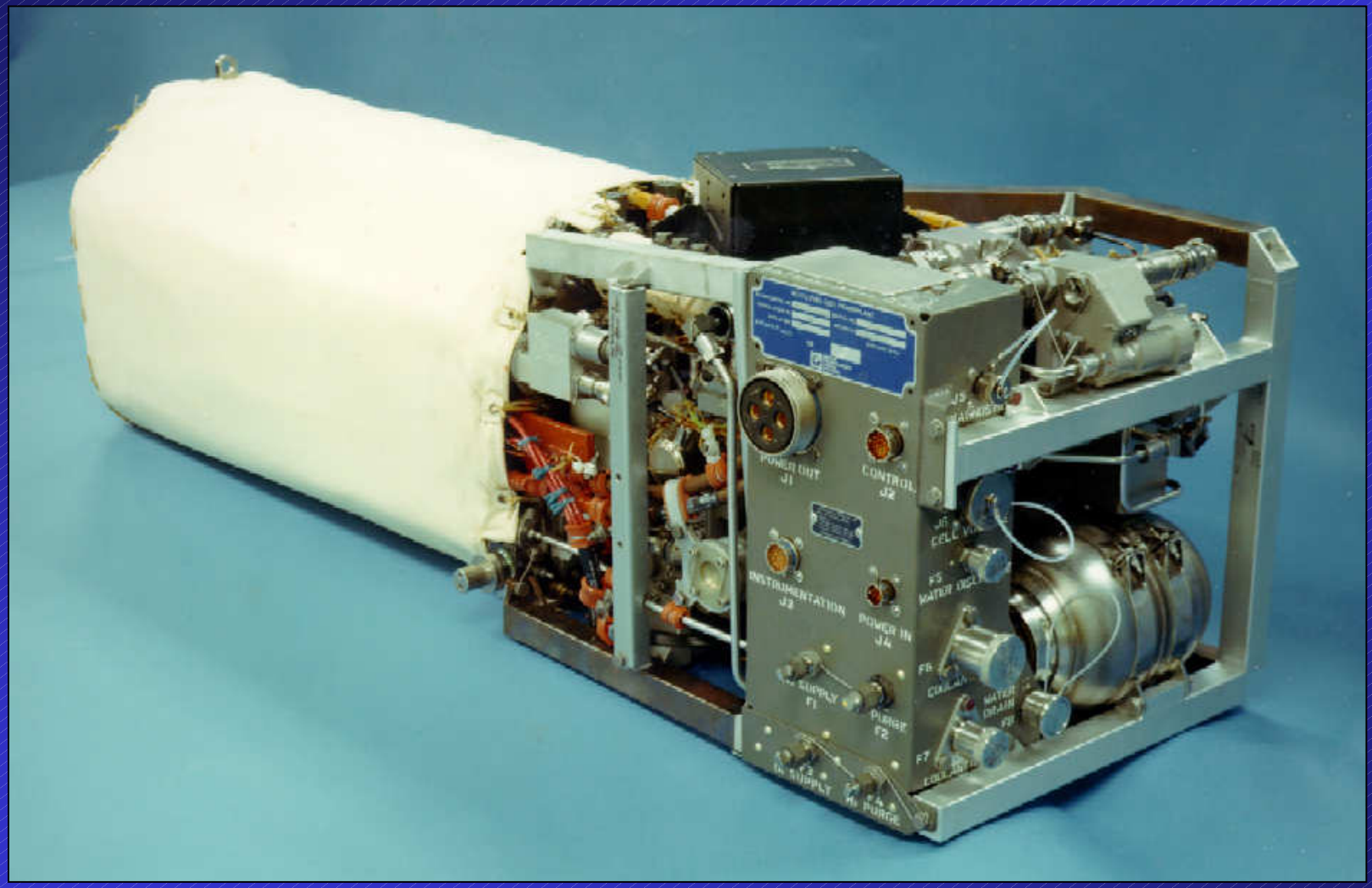


Photo : NASA

Pile à combustible du Space Shuttle de la NASA

Alimentation électrique portable, indépendante

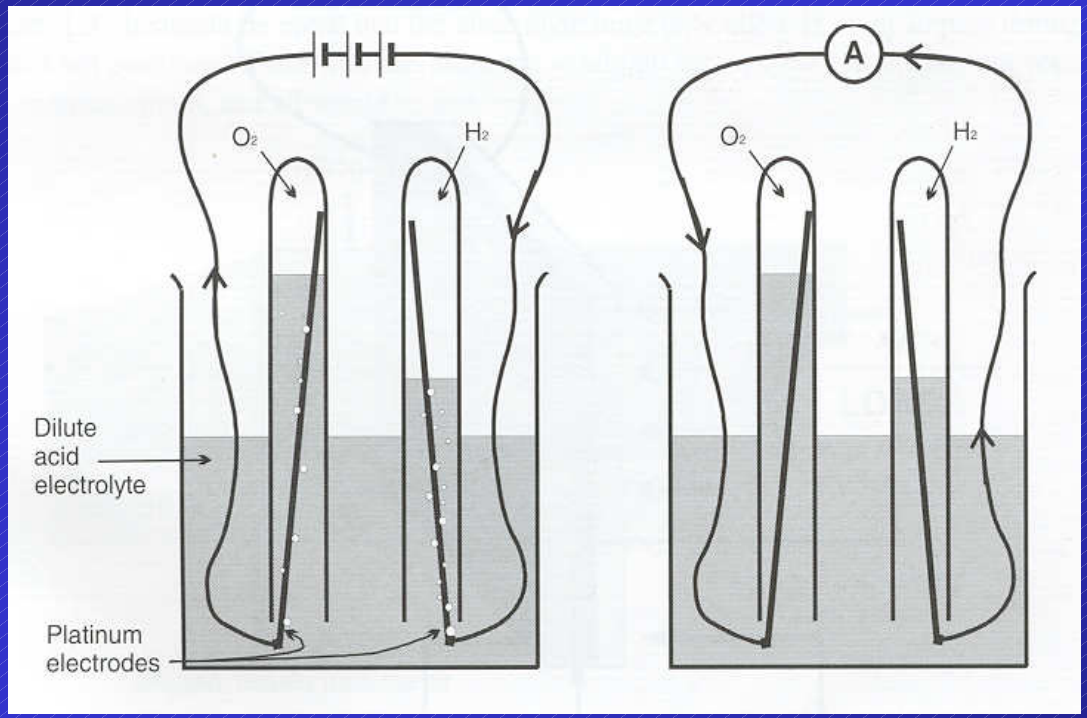
Alimentation électrique 50 W avec réservoir à hydrure de métal

L'hydrogène, pile 1200 W. Société "Systèmes Didactiques"

L‘histoire de la pile à combustible

Électrolyse : Eau + énergie ➔ Hydrogène + Oxygène

Pile à hydrogène : Hydrogène + Oxygène ➔ Eau + énergie (électrique + thermique)

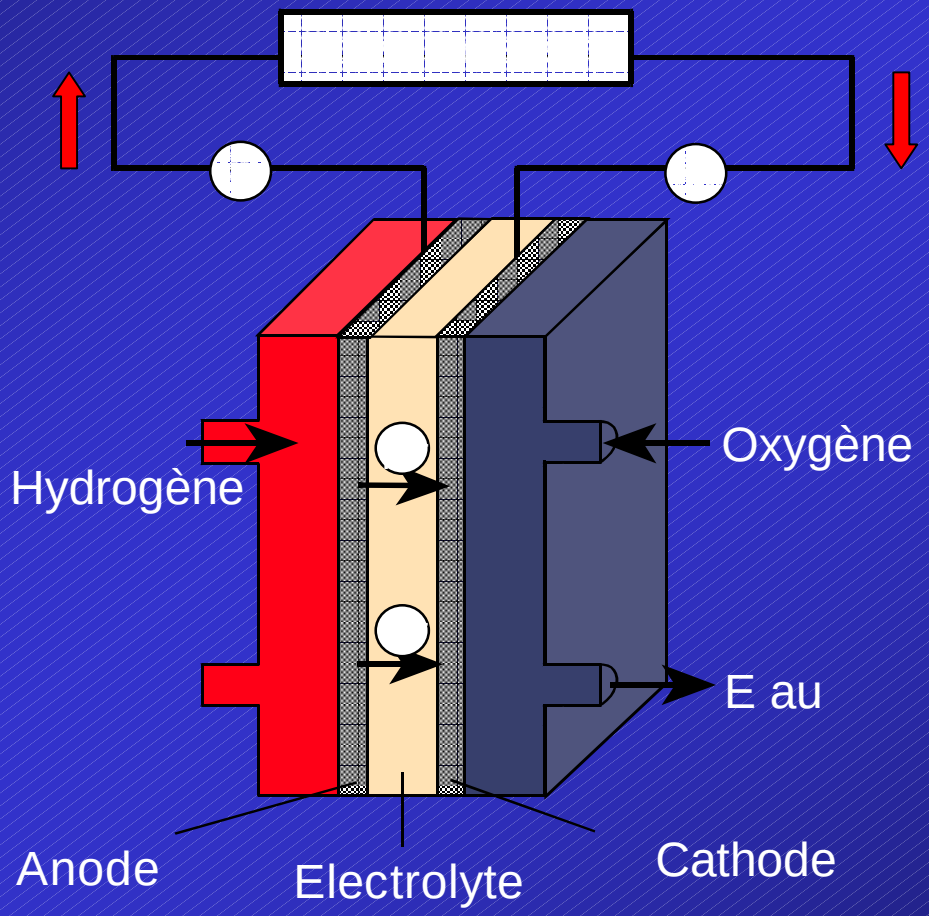


Electrolyseur Pile à gaz de W. Grove
(première pile à combustible, 1839)

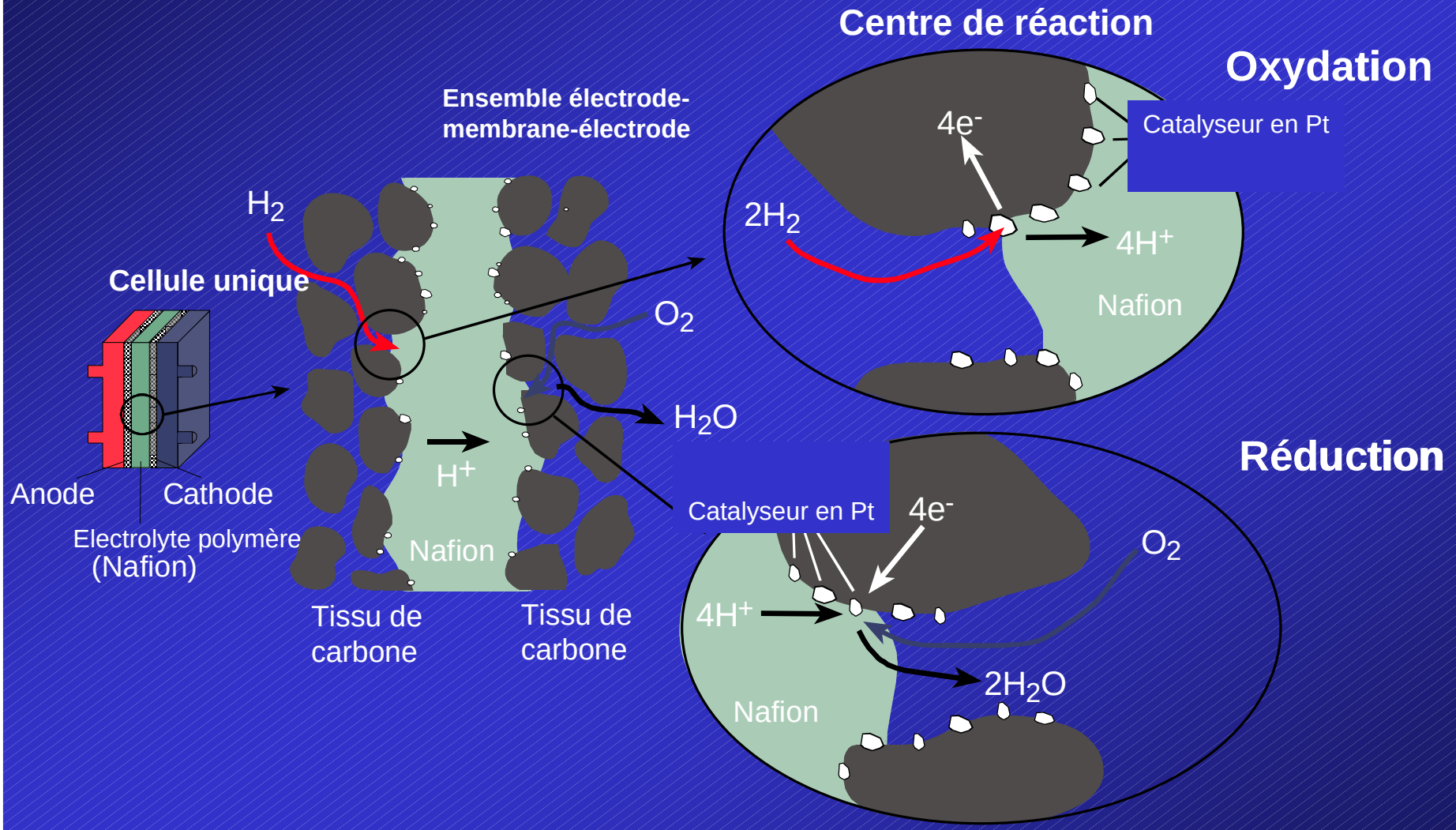
(d‘après Larminie et Dicks, 2000)

Schématisation d‘une pile à combustible à PEM

Hydrogène + oxygène ⇒ Electricité + eau



Structure et fonctionnement d'une pile à combustible à PEM



L‘Hydrogène, vecteur énergétique

La filière hydrogène

* Production
* Stockage
* Distribution
* Sécurité

L‘Hydrogène, vecteur énergétique

La filière hydrogène

* Production

- Electrolyse
- Chimique (réformage de Méthanol, de Gaz)
- Haute température (réacteurs nucléaires)
- Biologique (algues)

* Stockage

- Hydrures métalliques
  - faible pression, faible encombrement
- Sous pression
  - à très basse température (-250 ℃)
  - à très haute pression (350 à 1200 bars)
- Nano tubes ?

L‘Hydrogène, vecteur énergétique

La filière hydrogène

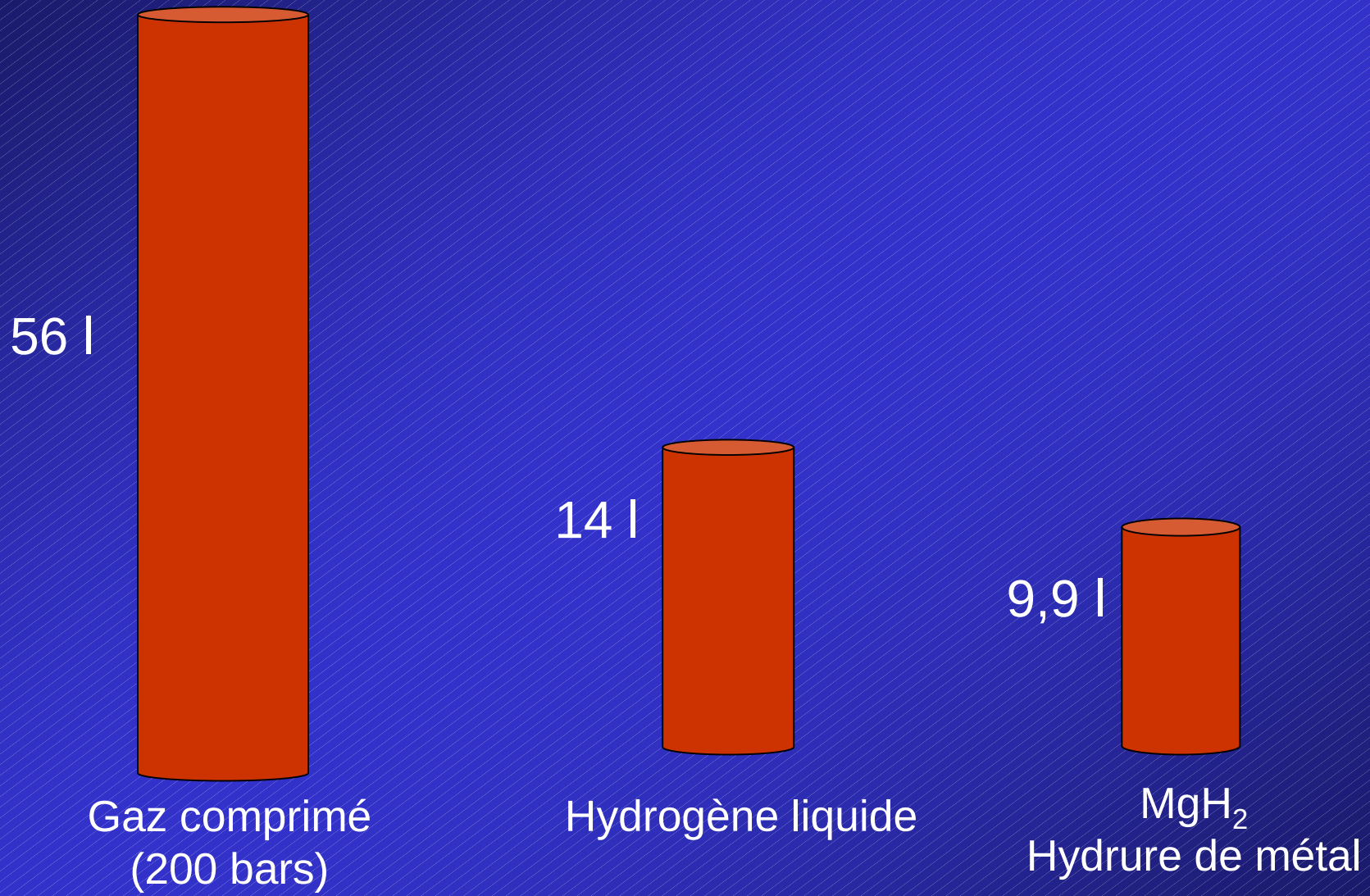
* Distribution

- Bouteilles
  - hydrures métalliques
  - sous pression
- Camion citernes réfrigérés
- Pipe line

* Sécurité

- Syndrome „Zippelin“
- Non toxique
- Plus sûr que le gaz naturel
  - léger
  - petites molécules
  - Inflammation au dessus de 4% H2/air en volume

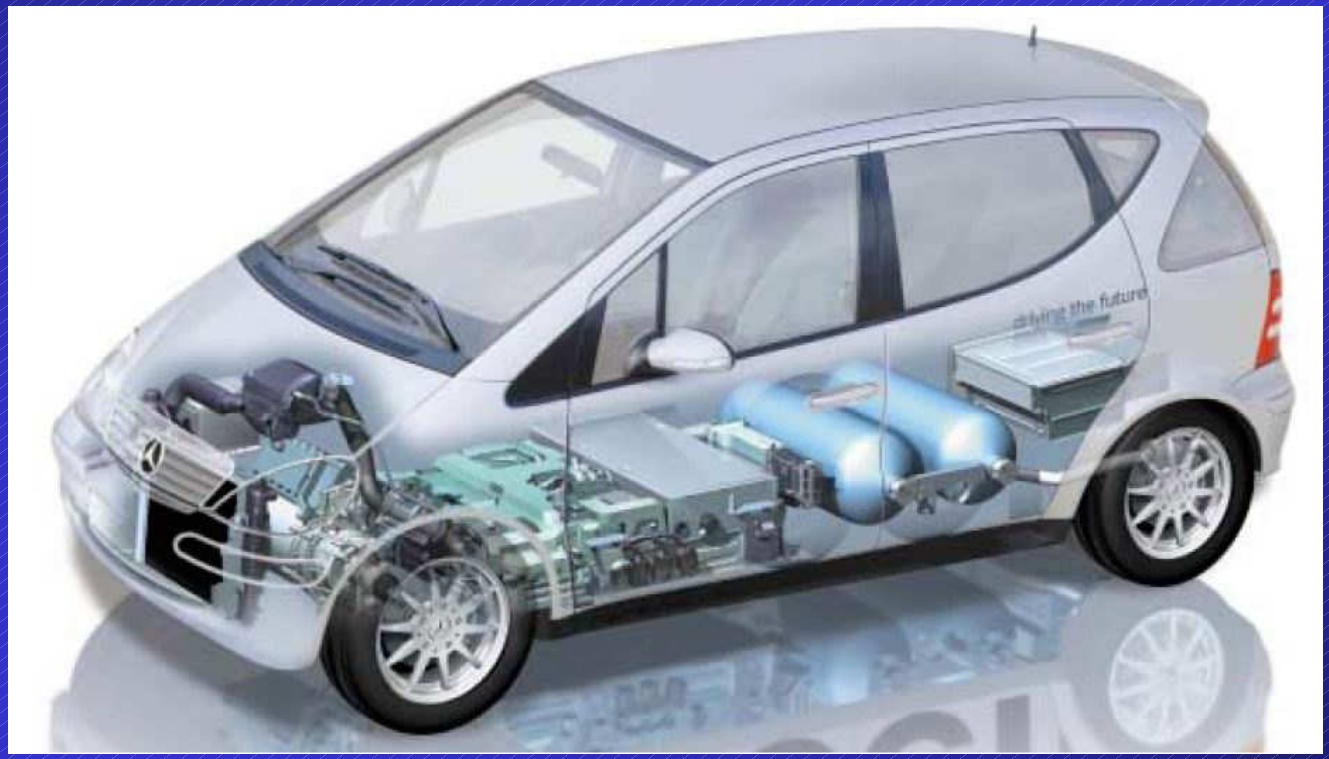
Stockage de l’hydrogène



Volume de stockage pour 1 kg d’hydrogène

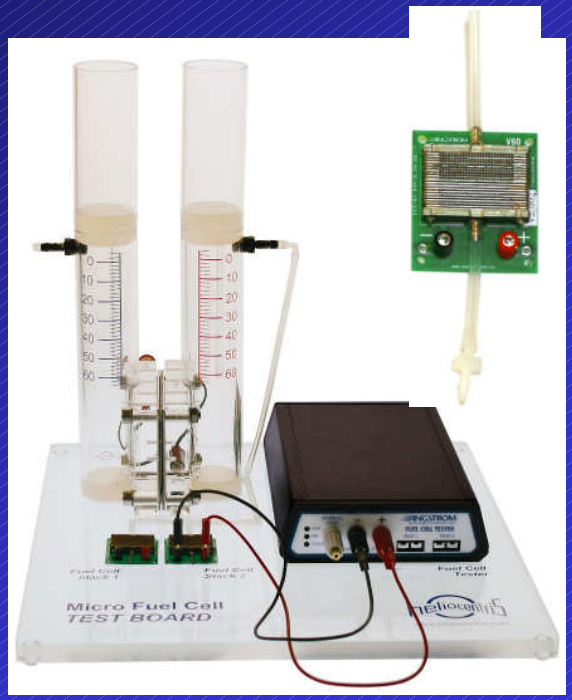
L‘Hydrogène, vecteur énergétique

Outils de formation

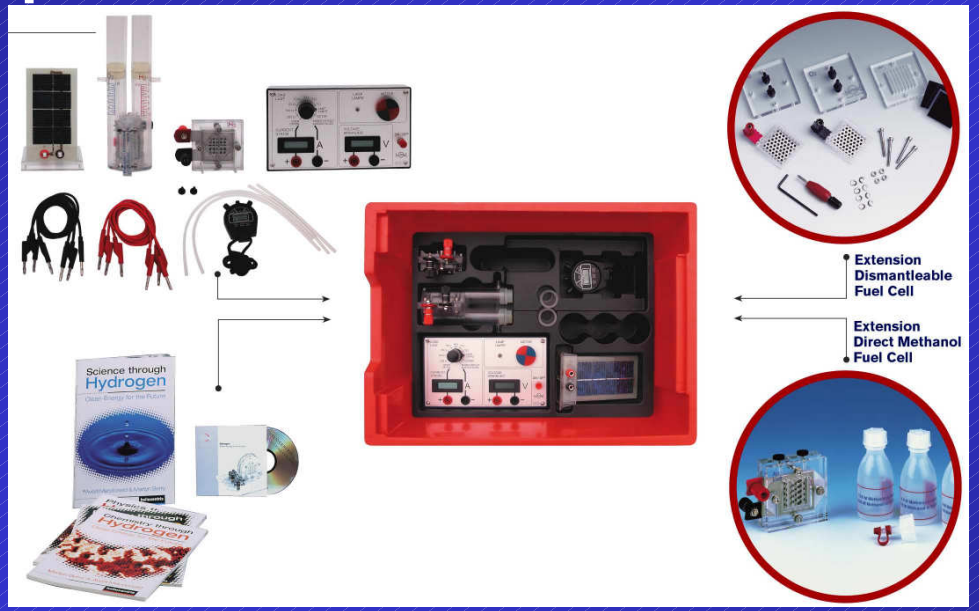


L’hydrogène, pile 1200 W. Société "Systèmes Didactiques"

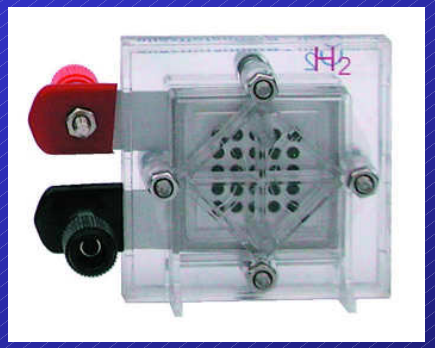
Matériel pour l‘initiation à la pile à combustible



Système d‘étude d‘une pile pour téléphone portable, avec électrolyseur pour production de H2, alimentation et charge.

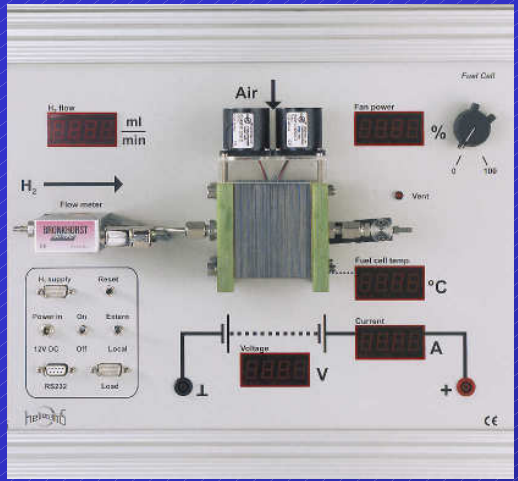


Kit complet d‘initiation,
pour manipulation par les élèves.
Ci dessous, cellule H2 et cellule photo



L’hydrogène, pile 1200 W. Société "Systèmes Didactiques"

Matériel d‘étude des caractéristiques d‘une pile 40 W



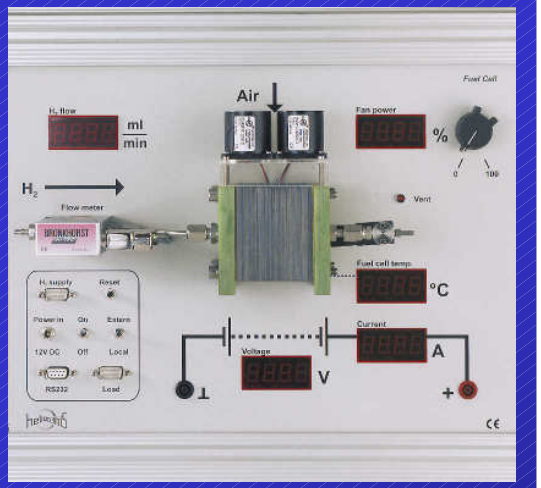
L’hydrogène, pile 1200 W. Société "Systèmes Didactiques"

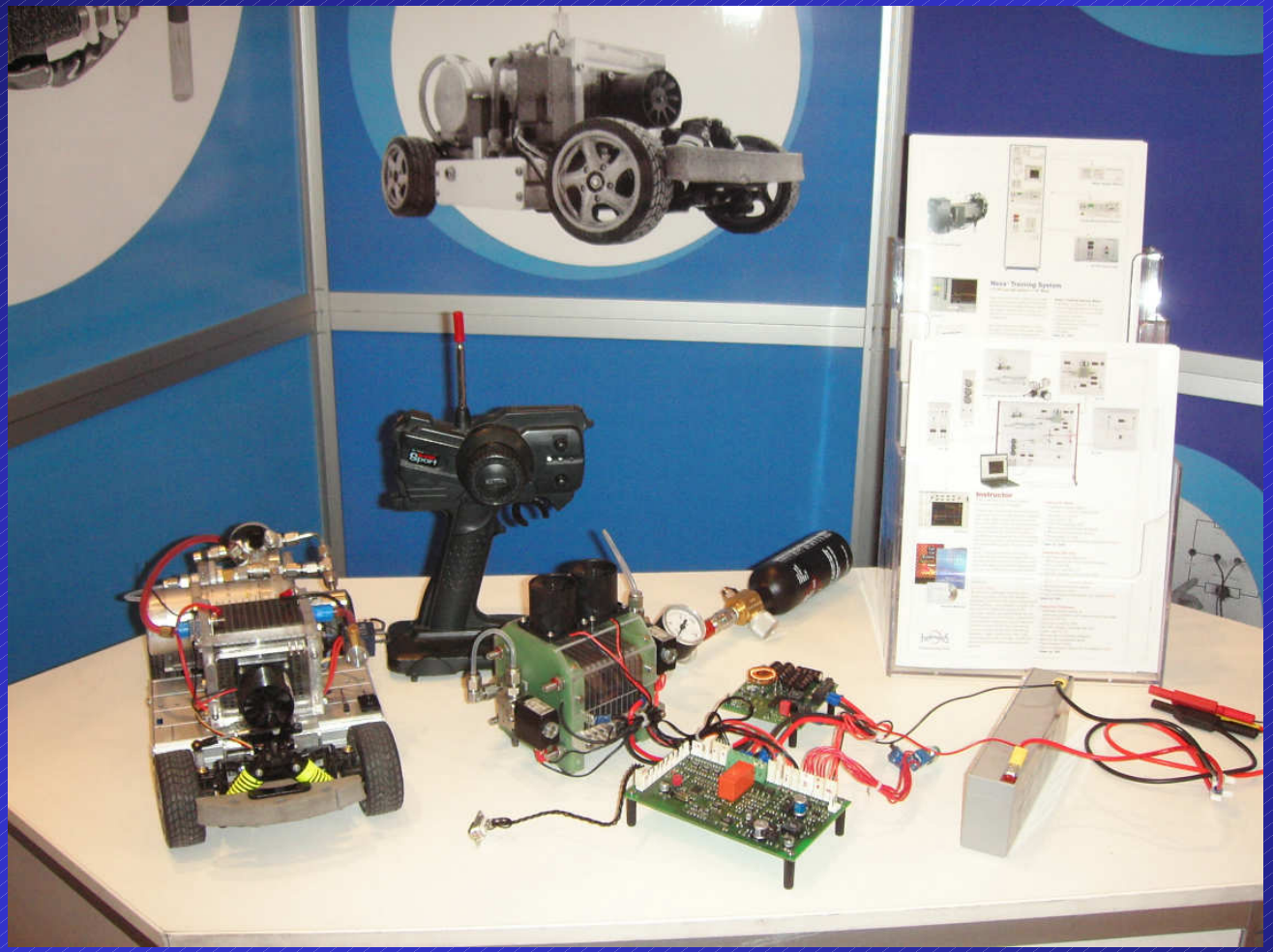
Matériel d‘étude des caractéristiques d‘une pile 40 W

L’hydrogène, pile 1200 W. Société "Systèmes Didactiques"

Matériel d‘étude des caractéristiques d‘une pile 40 W

Version en KIT de la pile et de ses accessoires





L’hydrogène, pile 1200 W. Société "Systèmes Didactiques"

Matériel d‘étude des conditions d‘utilisation d‘une pile 1200 W

Pile Nexa 1200 W, élément de base

Carte de commande avec liaison série
Logiciel de supervision (sécurité et mesures) (Anglais)

Prévoir :

alimentation électrique
alimentation hydrogène 0.7bar à 17 bars
charge

Système d‘alimentation sécurisée 240V/1200 W à longue autonomie

Pile 1200W
Connectique hydrogène
Détecteur d’hydrogène
Débitmètre électronique
Module de gestion d’énergie électrique
- Régulateur DC/DC
- 4 batteries 12V
- Onduleur 1500W 240V

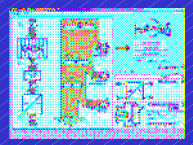
Logiciel de supervision et d’exploitation de l’ensemble
PC intégré et installé
Manuel d’installation
Outils pédagogiques
Options :
- 3 bouteilles d’hydrure + kit de remplissage
- Charge 1500W (2000W en pic)

Système d‘alimentation sécurisée 1200 W à longue autonomie

L’hydrogène, pile 1200 W. Société "Systèmes Didactiques"

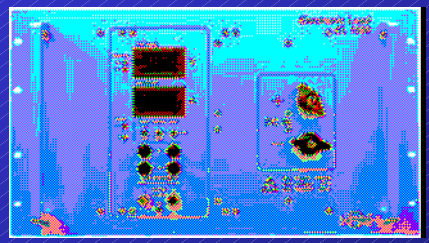
Rack alimentation en hydrogène

Rack pile à hydrogène

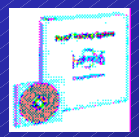


PC intégré avec logiciel de supervision et d’exploitation

Rack gestion de l’énergie électrique (sortie pile, DC/DC, onduleur)



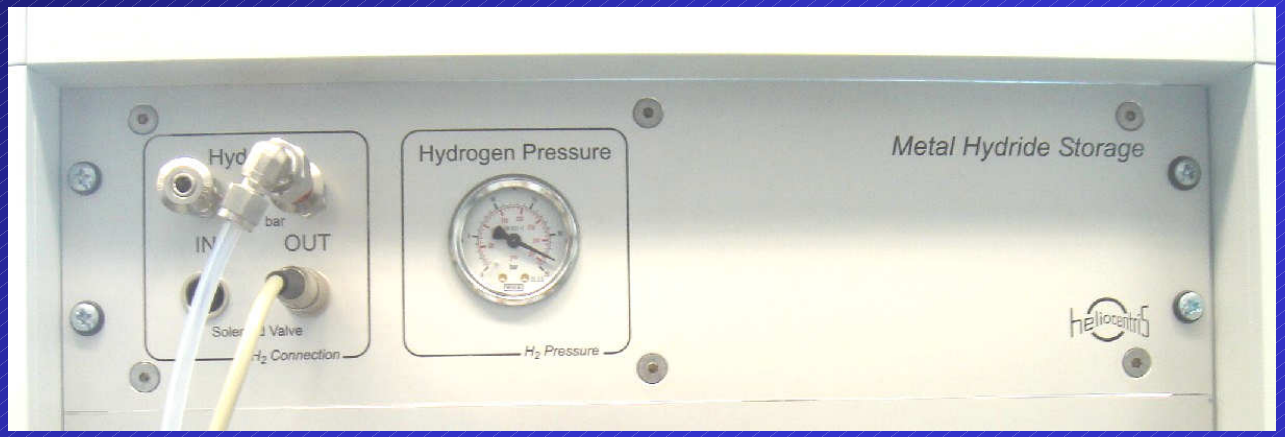
Rack charge électronique 1500W (2000 en pic)



Outils pédagogiques, théoriques et pratiques

Système d‘alimentation sécurisée 1200 W à longue autonomie

Rack alimentation en hydrogène



Capacité : 3 x 940 NL H2
Débit : 3 X 5.5 NL/min
Pression nominale : 8 bars
Pression de remplissage : 10 à 17 bars
Manomètre
Connecteur rapide pour recharge et utilisation
Électrovanne

L’hydrogène, pile 1200 W. Société "Systèmes Didactiques"

Système d‘alimentation sécurisée 1200 W à longue autonomie

Rack pile à hydrogène

Nexa® Power Module	1,2 kW
Sortie	22 à 48 V, 0à 46 A
Alimentation H2	0,7..17 bar, pureté > 99.99%
Débitmètre électronique	0.6 à 30 NL/min

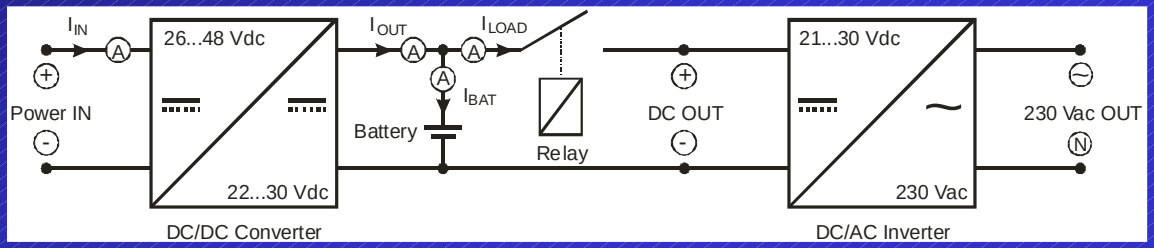
Connecteur rapide

Détendeur 200bars/15bars pour alimentation par bouteille H2 comprimé 200 bars

Détecteur d’hydrogène portatif pour seuil 4%

Système d‘alimentation sécurisée 1200 W à longue autonomie

Rack gestion de l’énergie

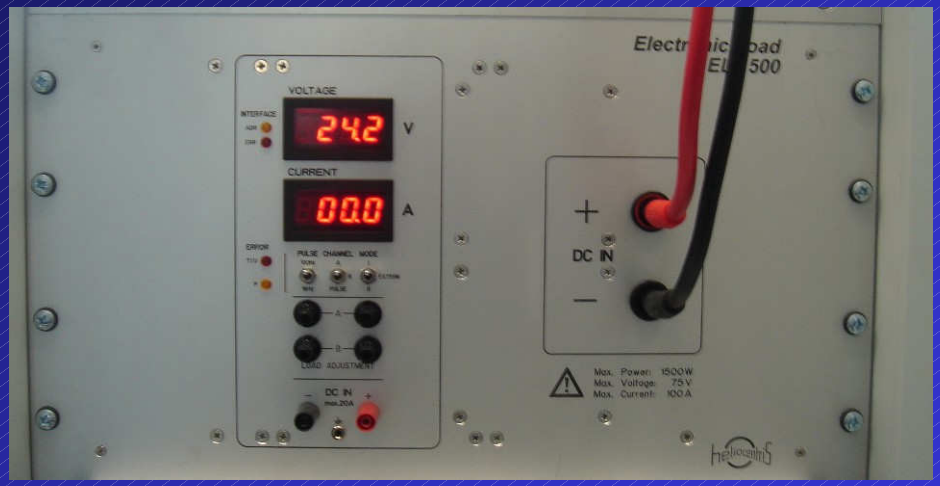


* Convertisseur DC/DC :
  - Sortie 24 V, 55A
  - Entrée 26 à 48 V
  - Puissance 1200W
* Batteries : 2 packs 24V (2 X 12V) de capacité différentes pour analyser différentes stratégies
* Onduleur :
  - Sortie 110V230V, 60Hz/50Hz
  - Entrée 24 V
  - Puissance 1500W (2000X en pic)

L’hydrogène, pile 1200 W. Société "Systèmes Didactiques"

Système d‘alimentation sécurisée 1200 W à longue autonomie

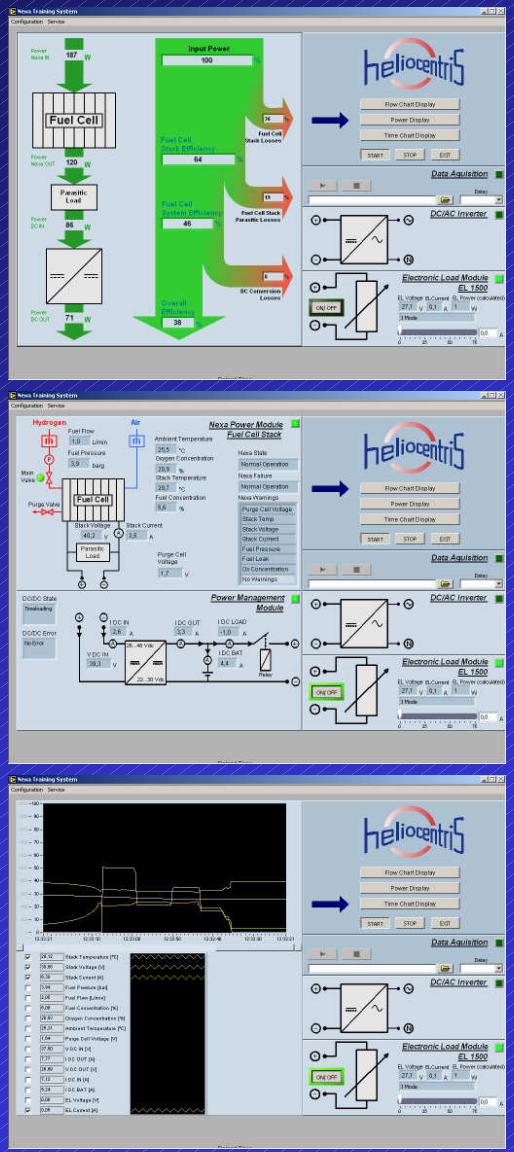
Rack charge électronique



Charge en tension : 1 à 75 V DC
Charge en courant : 1 à 100A
Charge en puissance : jusqu’à 1500W
Commandes : manuelle ou PC (ligne série, driver LabView)

Système d‘alimentation sécurisée 1200 W à longue autonomie

PC intégré pour supervision, mesures et commandes, exploitation



L’hydrogène, pile 1200 W. Société "Systèmes Didactiques"

Système d‘alimentation sécurisée 1200 W à longue autonomie

Remplissage d‘une bouteille d‘hydrure métallique à partir d‘une boutelle d‘hydrogènes sous pression 200 bars.

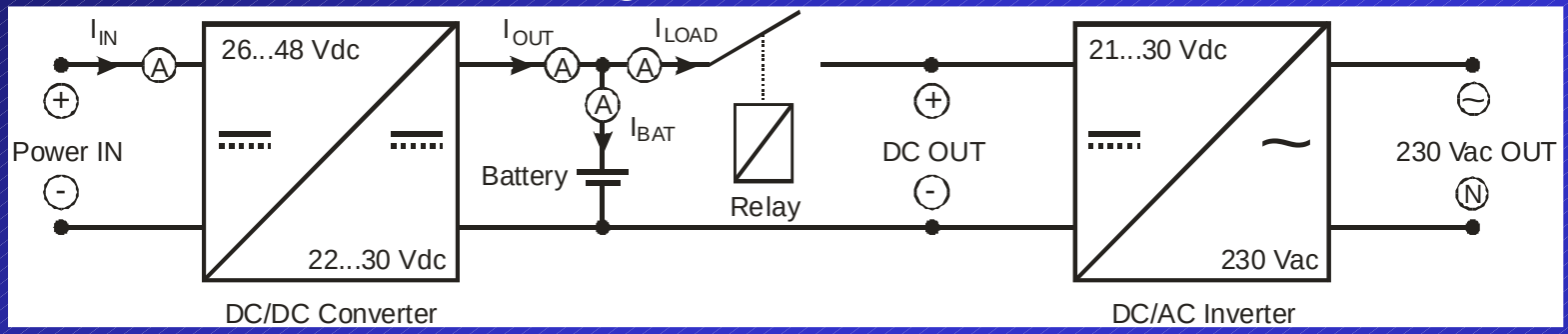
À noter la fixation règlementaire de la bouteille d‘hydrogène à la table.

L’hydrogène, pile 1200 W. Société "Systèmes Didactiques"

Système d‘alimentation sécurisée 1200 W à longue autonomie

Extension possible avec un capteur photo voltaïque :

1. Alimentation directe du régulateur DC/DC



2. Production d‘hydrogène par électrolyseur

L’hydrogène, pile 1200 W. Société "Systèmes Didactiques"

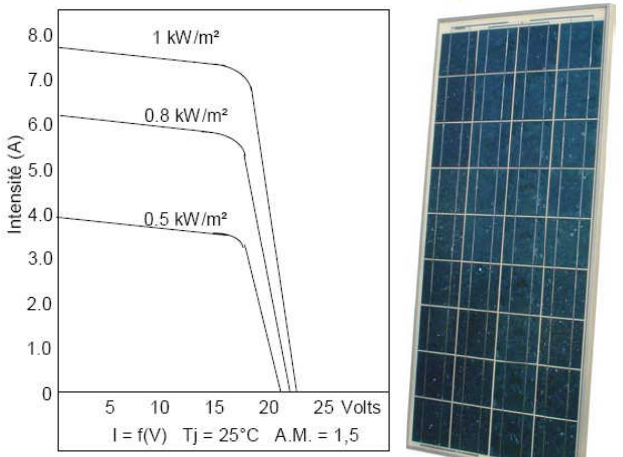
Système d‘alimentation sécurisée 1200 W à longue autonomie

Extension possible avec un capteur photo voltaïque :

3.2 Module de production d’électricité : Générateur solaire

3.2.1 Description technique du générateur solaire 48 V 2800 Wc

- Générateur en kit livré complet, non monté avec notice d'installation, incluant les équipements suivants :
  - 20 Modules photovoltaïques d'une puissance unitaire de 140 Wc 12V modèle TE1300
  - 10 Structures support triangulaire 2 modules TE1300 en aluminium modèle STT2
  - 02 Boites de jonction 4 entrées 1 sortie avec diodes anti-retour et protection foudre modèle BJP4E/1S DAR PF
  - 01 Coffret complet de régulation 48V - 60A avec acquisition de données type ENERSTAT
  - 01 Lot d'accessoires de montage et de câblage (distance champ solaire/coffret de régulation : 20 m)



Module photovoltaïque 140 Watts Crête 12 Volts, Multicristallin Taille cellules : 156 x 156 mm

3.2.2 Convertisseur et couplage électrique de l’électrolyseur aux panneaux photovoltaïques

Système d'alimentation sécurisée 1200 W à longue autonomie

Extension possible avec un capteur photo voltaïque/électrolyseur

3) Equipement :

3.1 Module de production d'hydrogène, MPH GENHY 500

3.1.1 Description technique de l'électrolyseur GENHY 500

- Capacité de production en hydrogène : 0,5 m^3/h
- Pureté de l'hydrogène : 99,99 % sur gaz secs, hydrogène saturé en eau
- Consommation énergétique maximum : 2,5 kWh
- Consommation en eau : environ 0,5 l/h
- Qualité d'eau requise : < 1 μScm^{-1}
  - Purificateur d'eau et son détecteur de qualité, autorisant une alimentation en eau de ville de l'électrolyseur
  - Réservoir d'eau déminéralisée tampon de 30 l
- Pression d'hydrogène : 2 bars en fonctionnement normale pour l'alimentation de la pile à combustible, jusqu'à 5 bars pour le remplissage du réservoir d'hydrure métallique.
- Gestion automatisée du système électrolyseur par API avec interface homme machine
- Module communicant Ethernet
- Module d'acquisition de données caractéristiques de l'électrolyseur, port USB National Instrument
- Mesure du taux d'hydrogène dans l'oxygène
- Détecteurs d'hydrogène
- Alimentation 400 VAC triphasée, 5 pôles, 3 kW

GenHy 500

Système d'alimentation sécurisée 1200 W à longue autonomie
Extension possible avec éolienne/électrolyseur

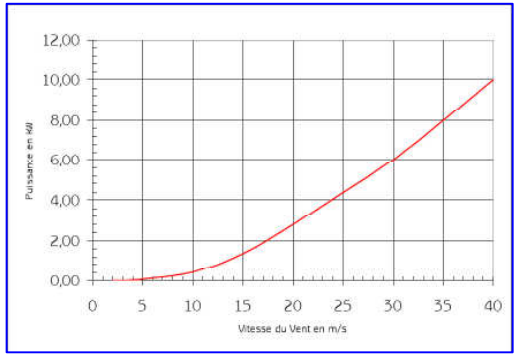
3.3 Module de production d'électricité : Stato-éolienne

3.3.1 Description technique du générateur STATOEOLIEN GSE 4

- Diamètre / Hauteur : 4 m / 1,5 m
- Vitesse de démarrage : 2 m/s (7 km/h)
- Vitesse maximale : 60 m/s (216 km/h)
- Puissance à 15 m/s (54 km/h) : 1,3 kW
- Puissance à 25 m/s (90 km/h) : 4,4 kW
- Puissance à 40 m/s (140 km/h) : 10 kW
- Vitesse de rotation : de 0 à 120 tours/min
- Génératrice : Synchrone à aimants permanents

Régulation de Puissance : Pilotage électronique direct du couple

- Chaîne électrotechnique de régulation et sortie 540 VDC/10 A
- Masse : Environ 800 kg
- Maintenance : Inspection annuelle

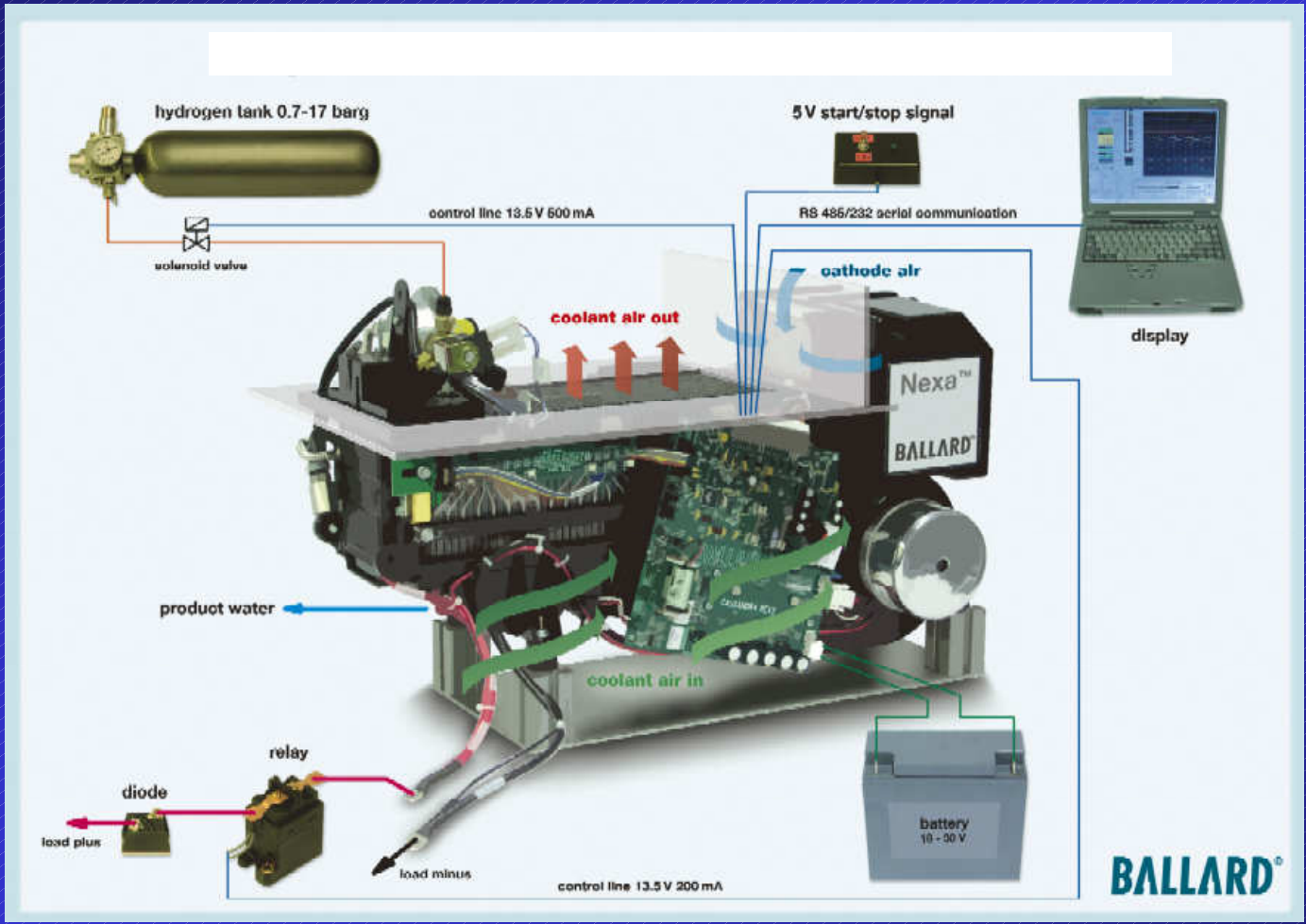


3.3.2Convertisseur et couplage électrique de l'électrolyseur à la stato-éolienne

Complément sur demande :

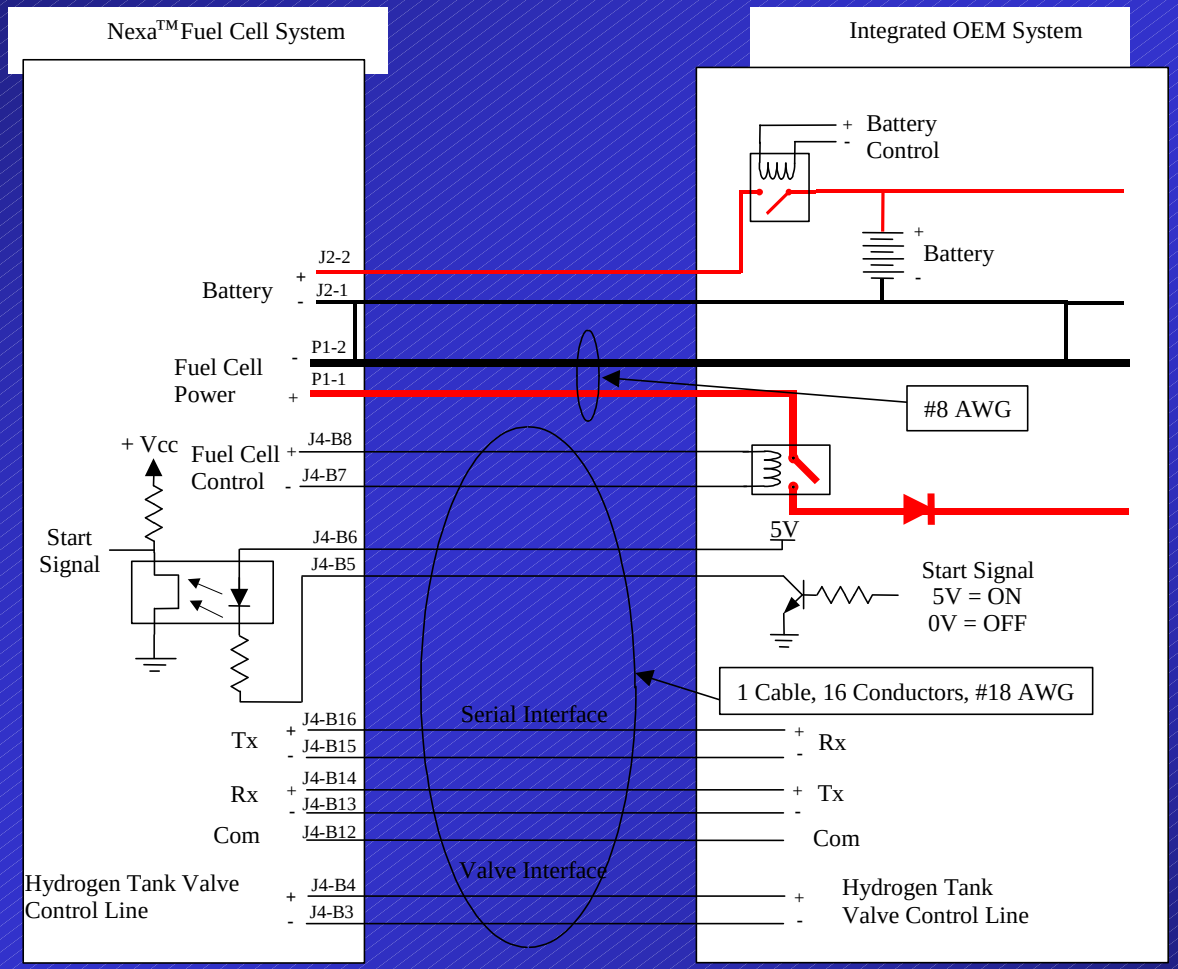
- Pile à combustible 1200 W NEXA
- Véhicule électrique (trottinette, scooter…)

Matériel d‘étude des conditions d‘utilisation d‘une pile 1200 W



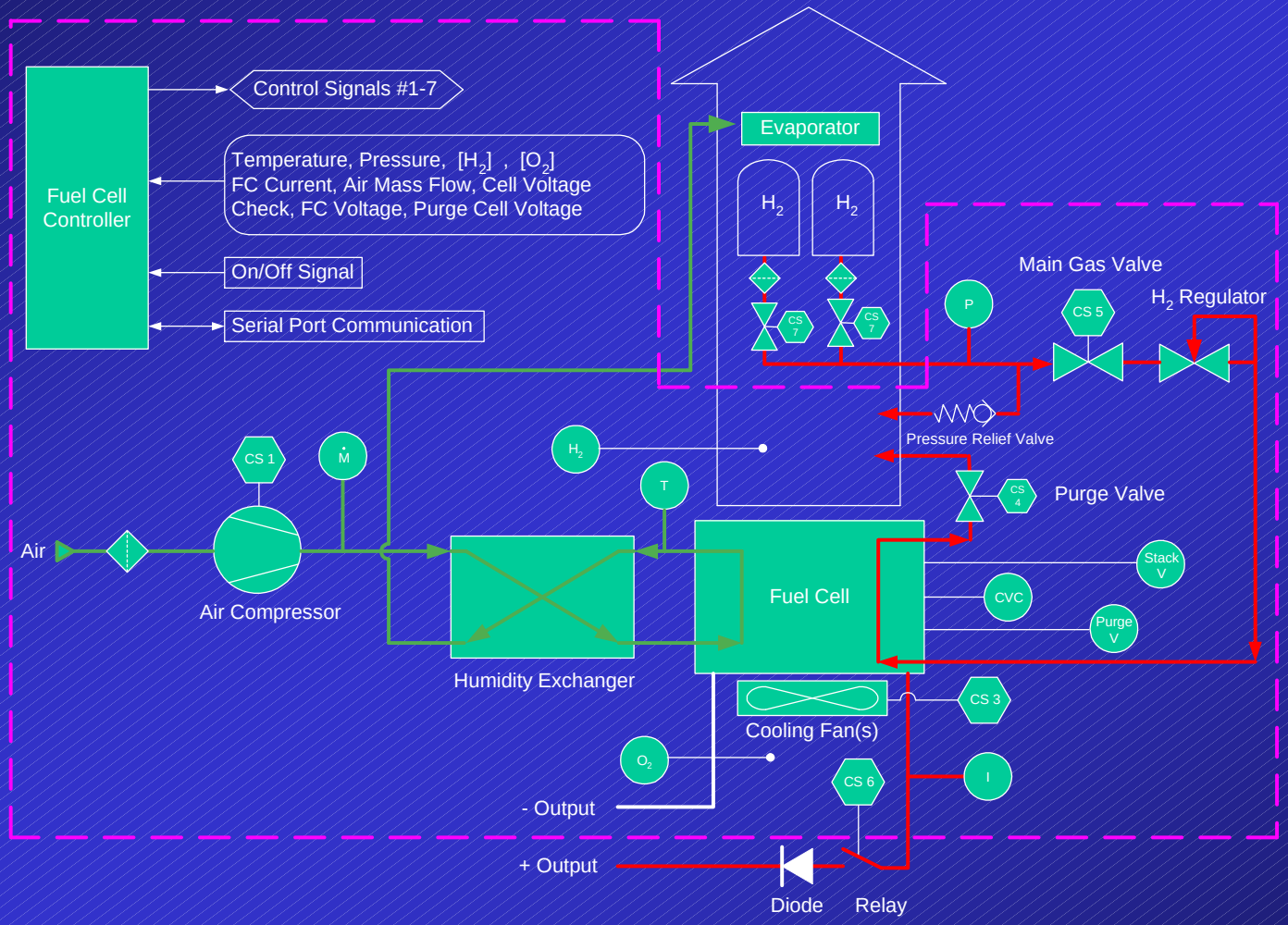
Pile Nexa 1200 W et périphérie

Matériel d‘étude des conditions d‘utilisation d‘une pile 1200 W

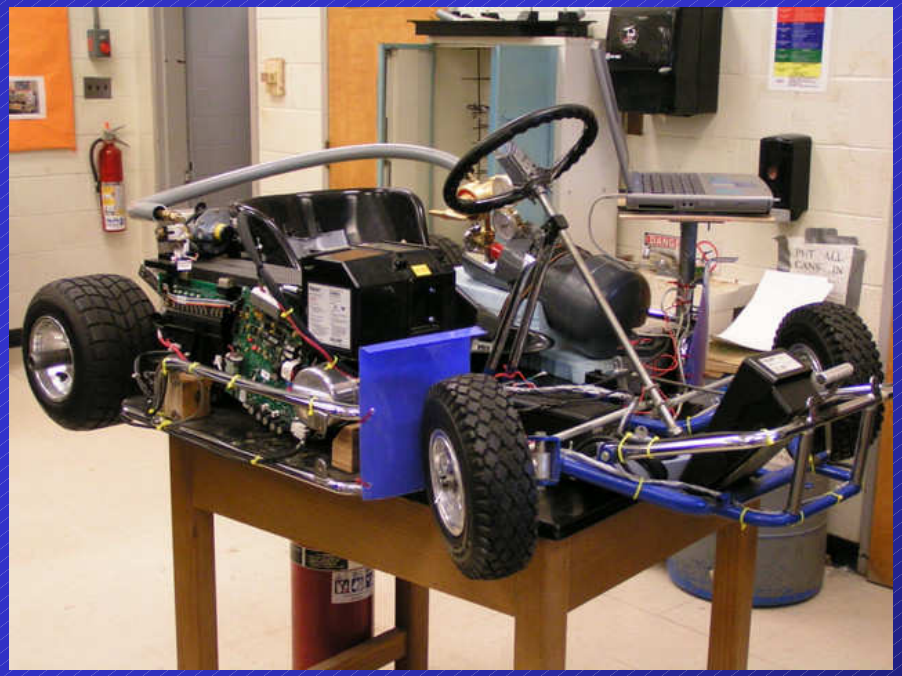


Pile Nexa 1200 W schéma de principe des circuits électiques de contrôle

Matériel d‘étude des conditions d‘utilisation d‘une pile 1200 W

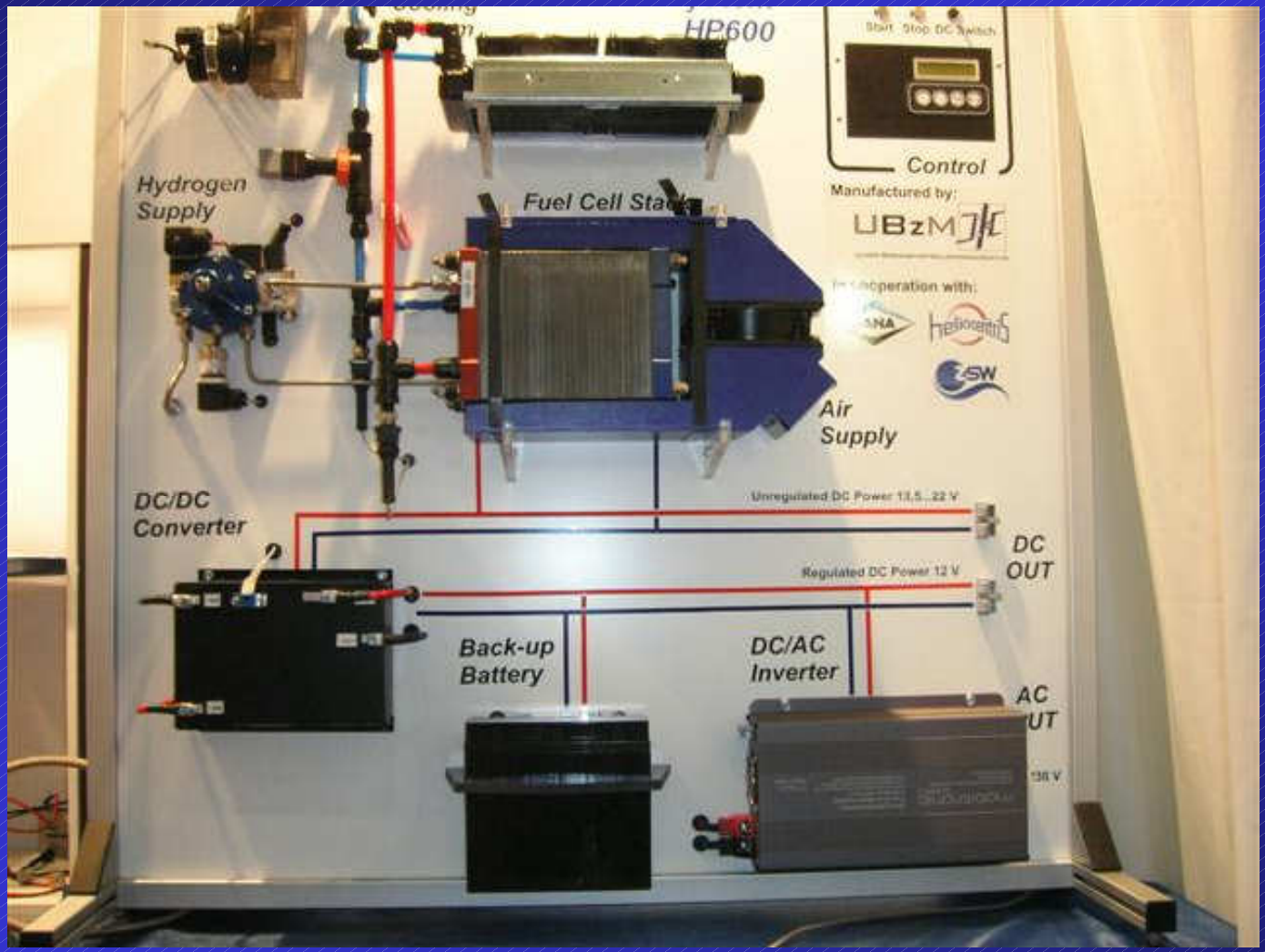


Pile Nexa 1200 W schéma de principe général



L'hydrogène, pile 1200 W. Société "Systèmes Didactiques"

Pile à hydrogène refroidie par eau : co-génération



L'hydrogène, pile 1200 W. Société "Systèmes Didactiques"

Matériel de sensibilisation „intuitive“ aux économies d‘énergie :

une source : travail musculaire

plusieurs consommateurs : lampe, radio, moteur, chaleur, ...

L’hydrogène, pile 1200 W. Société "Systèmes Didactiques"

Société « **S**ystèmes **D**idactiques »

Nos partenaires constructeurs :

- LD Didactic
- ELWE
- CETH
- Helio Centris

Nous :

Systèmes **D**idactiques

91 Gometz le Châtel

Vos contacts :

Claude-Alain.Granjon@wanadoo.fr

Xavier.Granjon@ systemes-didactiques.fr

www.systemes-didactiques.fr